

Joel Skrökki

Öljylämmitteisen aluelämpökeskuksen korvaaminen pelletti-, hake- tai maalämpölaitoksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

13.5.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joel Skrökki Öljylämmitteisen aluelämpökeskuksen korvaaminen pelletti-, hake- tai maalämpölaitoksella 31 sivua + 2 liitettä 13.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	suunnittelupainotteinen LVI-tekniikka
Ohjaajat	suunnittelupäällikkö Markku Tanhola yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Insinöörityön tarkoituksena oli selvittää uusiutuvien energiamuotojen soveltuvuutta korvaamaan nykyistä öljylämmitteistä aluelämpökeskusta. Kohteena on Espoon seudun koulutuskuntayhtymän Omnian omistama Finnsin alue Espoon Mankissa.</p> <p>Nykyisen lämpökeskuksen uusimista alettiin selvittää, koska öljyn hinta on noussut paljon. Nykyinen laitos vaatisi myös isomman remontin lähiaikoina.</p> <p>Insinöörityössä tarkastellaan myös järjestelmien investointi- ja elinkaarikustannuksia nykyarvomenetelmällä 20 vuoden ajanjaksolla.</p> <p>Vertailuvaihtoehtoiksi valittiin pelletti-, hake- ja maalämpölaitos, joiden soveltuvuutta tarkastellaan nykyisen järjestelmän tilalle. Kaikista järjestelmistä valittiin vertailtavaksi osateholle mitoitettuja järjestelmiä, täydentäväksi lämmönlähteeksi valikoitui öljy.</p> <p>Pelletti- ja hakelämpölaitokset soveltuivat nykyisen järjestelmän korvaajaksi. Maalämpölaitos vaatisi suuria muutostöitä eikä sitä pidetä järkevänä vaihtoehtona.</p> <p>Hakelämpölaitos osoittautui nykyarvoltaan edullisimmaksi ja maalämpö kalleimmaksi.</p>	
Avainsanat	pelletti, hake, pellettilämmitys hakelämmitys, maalämpö, elinkaarilaskenta,

Author Title Number of Pages Date	Joel Skrökki Replacing oil heating plant with wood pellet or wood-chip boiler, or geothermal heating 31 pages + 2 appendices 13 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Markku Tanhola, Design Manager Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The aim of this final year project was to determine which renewable energy heating system would suit to replace the oil heating system in an existing school. The study was carried out because the oil prices have risen a lot lately. Furthermore, the heating system was in a need for a major renovation soon.</p> <p>The heating systems that were studied were a wood pellet boiler, a wood chip boiler and a geothermal heat pump. All systems were sized to meet approximately 2/3 of the peak heat load demand. Oil was chosen to be used as a back-up heating source.</p> <p>Both wood pellet and wood chip boiler systems were suitable to replace the existing oil boiler. Geothermal heat pumps would have required major modifications to the existing heating distribution system. Therefore, it was not considered as a reasonable option. Life cycle costs were calculated for all systems for a 20 year period. The wood chip boiler proved to be the cheapest option.</p>	
Keywords	wood pellet, wood chip, wood pellet heating, wood chip heating, geothermal heating, life cycle calculation (LCC)

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Kohteen kuvaus	2
3	Nykyisen järjestelmän kuvaus	3
3.1	Mitoitustehon laskeminen	5
3.2	Lämpimän käyttöveden mitoitustehon laskeminen	8
3.3	Energiankulutus	11
4	Vertailuvaihtoehdot	12
4.1	Lämmitysjärjestelmän valinnan lähtökohdat	12
4.2	Kiinteän polttoaineen lämpölaitos	12
4.3	Lämpölaitoksen mitoitus	15
4.4	Puupelletit	15
4.5	Puuhake	17
4.6	Maalämpö	19
4.7	Maalämpölaitoksen soveltuvuus kohteeseen	20
5	Ostoenergiat	21
5.1	Hinnat	21
5.2	Päästöt	23
6	Vertailulaskelmat	23
6.1	Investointikustannukset	24
6.2	Vuotuiset kustannukset	25
6.3	Elinkaarilaskelmat	26
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1. Toimintakaavio lämmitysjärjestelmästä	
	Liite 2. Asemapiirustus	

Lyhenteet

COP	Lämpöpumppujen lämpökerroin (Coefficient of performance) kompressorin tuottaman energian suhde kulutettuun sähköenergiaan.
Kpa-lämpölaitos	Kiinteän polttoaineen lämpölaitos
SPF-luku	Lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin, joka on lämpöpumpulla tuotetun vuotuisen energian suhde lämpöpumpun sekä apulaitteiden vuotuisen sähkönkulutukseen.

1 Johdanto

Tämä insinööriö on tehty selvitystyönä Wise Group Finland Oy:lle ja Espoon seudun koulutuskuntayhtymä Omnialle.

Wise Group Finland Oy on suomalainen yritys, joka tarjoaa talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja uudis- ja korjauskohteisiin Suomessa, Venäjällä ja Baltian maissa.

Omnia on monialainen ja suuri ammatillisen koulutuksen järjestäjä. Joka vuosi Omniassa opiskelee noin 10000 opiskelijaa. Omnian omistavat sen jäsenkunnat Espoo, Kauniainen ja Kirkkonummi

Tässä insinööriössä selvitetään pelletti-, hake- ja maalämpölaitosten soveltuvuutta nykyisen öljylämmitteisen aluelämpökeskuksen korvaajaksi. Työssä on tarkoitus selvittää edellä lueteltujen järjestelmien soveltuvuutta nykyiseen aluelämpöjärjestelmään, sekä tarkastella niiden investointi, ja elinkaarikustannuksia.

2 Kohteen kuvaus

Kohde on Espoon Mankissa sijaitseva Omnia Finns. Alue on yksi Suomen vanhimmista säilyneistä kansanopistokokonaisuuksista. Nykyään alue on Omnian omistuksessa. Opetustoiminnan lisäksi Finnsissä järjestetään mm. majoitus-, kokous- ja juhlapalveluja.

Alueen rakennukset ovat eri-ikäisiä puurakennuksia, vanhimmat rakennukset ovat 1800-luvun lopulta, kuten kuvassa 1 oleva koulurakennus. Taulukossa 1 on esitelty rakennusten perustiedot, ja kuvassa 2 on ilmakuva alueesta.

Taulukko 1. Rakennusten perustiedot

RAKENNUS	TYYPPI	RAKENNUSVUOSI	KERROS-ALA (m ²)	TILAVUUS (m ³)
ABC	Asuntola	1984	720	2000
D	Ruokala	1984	600	2100
E	Asuntola	1990-luvun alussa	275	780
F	Asuntola	1890	409	1200
G	Koulurakennus	1900-luvun alussa	636	2400
H	Aluelämpökeskus	1980-luvun alussa	28	70
I	Toimisto/asuntola	1900-luvun alussa	423	1200
		Yhteensä	3091	9750



Kuva 1. Kuva G rakennuksesta



Kuva 2. Ilmakuva alueesta (15)

3 Nykyisen järjestelmän kuvaus

Rakennusten lämmityksestä vastaa aluelämpökeskus (rakennus H), joka sijaitsee kontissa. Aluelämpökeskuksen polttoaineena on kevyt polttoöljy. Keskuksessa on kaksi kattilaa (kuva 3). Kuvassa 3 vasemmalla oleva kattila on valmistettu vuonna 1983, ja se on teholtaan 300 kW. Uudempi kattila (kuvassa oikealla) on uusittu vuonna 2001 ja on teholtaan myös 300 kW. Molempien kattiloiden polttimet on uusittu vuonna 2001. Kontissa on yksi 10 m³:n teräksinen öljysäiliö suoja-altaalla.



Kuva 3. Lämmönjakokeskus

Aluelämpökeskuksesta H lämpöputket menevät rakennusten G ja D lämmönjakokeskuksiin, lämpö jaetaan alueen muihin rakennuksiin. Liitteessä 1 on toimintakaavio lämmönjakojärjestelmästä. Liitteessä 2 on yksinkertaistettu asemapiirustus, johon on merkattu aluelämpöjohdot.

Kaikkien rakennusten lämmönjako on toteutettu vesipattereilla. Rakennusten patteriverkostojen mitoituslämpötilat vaihtelevat, mutta suurin osa rakennuksista on mitoitettu korkeille 80–60 °C:n lämpötiloille.

Rakennuksissa F ja I on painovoimainen ilmanvaihto. Rakennuksessa D on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ilman lämmöntalteenottoa. Muissa rakennuksissa on koneellinen poistoilmanvaihto.

Rakennusten lämmin käyttövesi lämmitetään siirtimillä aluelämpöverkon lämmöllä rakennusten G ja D lämmönjakohuoneissa. Lämmin käyttövesi jaetaan muihin rakennuksiin aluejohdoilla.

Kohteen öljynkulutus oli syyskuun 2011 ja syyskuun 2012 välisenä aikana oli 75 154 litraa. Aikaisempien vuosien öljynkulutuksia ei ollut saatavilla. Kesällä lämpöä kuluu lähinnä vain käyttöveden lämmittämiseen minkä vuoksi touko- ja elokuun välistä aikaa ei oteta huomioon lämmityksen mitoitustehon laskentaan. Lämpimän käyttöveden mitoitusteho on laskettu erikseen. Kylmimpinä kuukausina nykyistä 10 m³:n öljysäiliötä joudutaan täyttämään noin 3 viikon välein. Taulukossa 2 on esitetty vuoden 2011 ja 2012 öljyntankkauspäivämäärät.

Taulukko 2. Öljyntankkauspäivämäärät

TANKKAUS PÄIVÄMÄÄRÄ	LITRAA
12.9.2011	2198
12.10.2011	8001
24.11.2011	8335
27.12.2011	7810
25.1.2012	8479
14.2.2012	8000
9.3.2012	5702
2.4.2012	6617
7.5.2012	8363
13.6.2012	5910
28.8.2012	7937

3.1 Mitoitustehon laskeminen

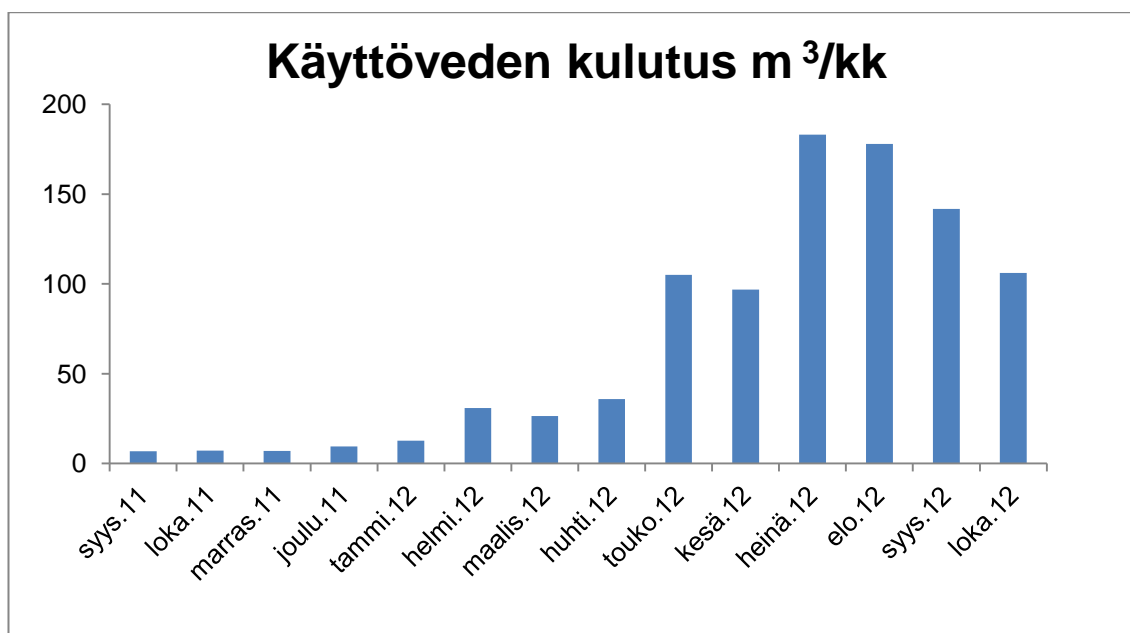
Lämmityksen mitoitustehon laskennassa käytetään ajanjaksoa syyskuun 2011 alkutoukokuun 2012 loppu, tällä ajanjaksolla öljynkulutus oli noin 67 000 litraa. Kevyen polttoöljyn energiamäärä on 10,02 kWh/l, joten aikajakson energian määrä on ollut noin 670 MWh (25).

Ennen kuin lämmityksen mitoitusteho voidaan laskea, täytyy laskennassa ottaa huomioon nykyisten kattiloiden hyötysuhde sekä käyttöveden lämmitykseen käytettävä energia.

Nykyisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhteeksi olen arvioinut 80 %. Kun huomioidaan kattiloiden hyötysuhde, saadaan syyskuun ja toukokuun lämmitysenergian kulutukseksi

491 MWh. Tätä arvoa on käytetty mitoitustehon laskennassa. Lämmönsiirtoputkistojen häviöitä ei huomioida, koska ne tulevat säilymään myös uudella järjestelmällä.

Asuntolat ja koulu eivät ole olleet koko talvea normaalissa käytössä, tästä syystä käyttöveden kulutus on ollut vain 136 m^3 (kuva 4). Oletetaan lämpimän käyttöveden kulu-
tukseksi 30 % käyttöveden kulutuksesta eli 41 m^3 . Lämpimän käyttöveden lämmittämi-
seen tarvittava energia on 58 kWh/m^3 , kun vettä lämmitetään 50 °C :seen. Lämmin
käyttövesi lämmitetään 58 °C :seen, kun vielä oletetaan verkostosta tulevan käyttöve-
den lämpötilaksi 10 °C . Lämpimän käyttöveden kiertoputkiston lämpöhäviöitä en ole
huomioinut laskennassa. Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytetyksi energiaksi
talviaikana saadaan 2,4 MWh. Asuntolat ovat myös kesällä majoitusikäisessä, ja alueel-
la on muutakin toimintaa, joten käyttövettä on kulunut jopa 180 m^3 kuukaudessa (kuva
4).



Kuva 4. Käyttöveden kuukausikohtainen kulutus

Mitoitustehon ja energiankulutuksen laskennassa käytetään lämmitystarvelukua. Läm-
mitystarveluku saadaan sisä- ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvojen lämpötilaerosta.
Sisälämpötilan oletuksena käytetään $+17 \text{ °C}$. Lämmitystarveluvun laskennassa ei
huomioida keskilämpötilaltaan keväällä yli $+10 \text{ °C}$ ja syksyllä yli $+12 \text{ °C}$ olevia päiviä,
koska oletetaan, että lämmitystä ei tarvita näitä arvoja lämpimämpinä päivinä. Energi-
ankulutuksen vertailulukuina käytetään 1971–2000 lämmitystarvelukujen keskiarvoja.

Laskennassa olen käyttänyt Helsingin lämmitystarvelukuja, koska Espoon lukuja ei tilastoida. (6)

Taulukko 3. Helsingin lämmitystarveluvut (6)

AJANJAKSO	LÄMMITYSTARVELUKU
9.2011–5.2012	3270
9.2011–9.2012	3398
Vertailuluku koko vuodelle	3989

$$\Phi_{mit} = \frac{(Q - Q_k) \times (17^\circ\text{C} - t_{u,mit})}{24 \times S} \quad (1)$$

Q on energiankulutus tarkasteluaikana, MWh
(lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mukana)

Q_k on käyttöveden lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia tarkasteluaikana, MWh

t_{u,mit} on paikkakunnan mitoitusulkolämpötila, °C

S on lämmitystarveluku tarkasteluaikana, °Cd

Φ_{mitjoht} on lämmityksen mitoitusteho, MW

$$\Phi_{mit} = \frac{(491 - 2,36) \times (17 - (-26))}{24 \times 3270}$$

Φ_{mit} on 0,267 MW = 267 kW

Mitoitustehoon lisätään myös ruokalan iv-koneiden lämmityspattereiden teho. Ilmanvaihtokoneiden teho täytyy ottaa huomioon mitoitustehon laskennassa, koska koneet eivät ole olleet koko ajan päällä. Tästä syystä niiden tehontarve ei tule esiin öljynkulutuksen kautta lasketussa energiankulutuksessa.

Ilmanvaihtokoneiden ilmamäärä on yhteensä 2,42 m³/s. Lasketaan lämmityspattereiden teho, kun ilmaa lämmitetään -26 °C:ta +20 °C:seen. Lämmityspattereiden teho otetaan täysmääräisesti huomioon mitoitustehossa, koska ilmanvaihtokoneissa ei ole lämmöntalteenottoa. Mitoitusteho lasketaan kaavalla 2.

$$\Phi_{\text{mitiv}} = \rho_i * c_{pi} * q_{iv} * (T_{\text{mit}} - T_u) \quad (2)$$

Φ_{mitiv}	on ilmanvaihdon mitoitusteho, kW
ρ_i	on ilman tiheys 1,2 kg/m ³
c_{pi}	on ilman ominaislämpökapasiteetti 1,0 kJ/kgK
q_{iv}	on ilmavirta, m ³ /s
T_{mit}	on lämmityspattereiden jälkeinen mitoituslämpötila, °C
T_u	on lämmityspattereiden mitoitusulkolämpötila, °C

$$1,2 * 1 * 2,42 * (20 - (-26)) = 135 \text{ kW}$$

Lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmityksen yhteenlasketuksi mitoitustehoksi saadaan 400 kW.

3.2 Lämpimän käyttöveden mitoitustehon laskeminen

Lämpimän käyttöveden mitoitusteho on laskettu mitoitusvirtaaman perusteella. Mitoitusvirtaama lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan (26). Kokoelmassa on määritelty kullekin kalusteelle normivirtaama (taulukko 4). Laskennassa tarkastellaan kaikkia rakennuksia yhtenä kokonaisuutena. Taulukossa 5 on esitetty rakennuskohtaisesti vesikalusteiden lukumäärät, vesikalusteiden lukumäärät on laskettu arkkitehtipohjista.

Taulukko 4. Vesikalusteiden normivirtaamat (26, s. 35).

Mitoituksessa käytettävät vesikalusteiden normivirtaamat.

Vesipiste ¹⁾	Normivirtaama q_n , dm ³ /s	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	(0,2)
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
Kylpyamme	0,3	0,3
WC-istuin	0,1	-
Pesukone kotitaloudessa	0,2	-
Pesukone talopesulassa tai vastaavassa	0,4	-
Vesiposti pientalossa, DN 15	0,2	-
Vesiposti kerrostalossa, DN 20	0,4	-
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	-
Urinaalin huuhteluhana	0,2	-
Ryhmäpesuallas (n kpl)	0,07 + 0,03 n	0,07 + 0,03 n
Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl)	0,14 + 0,06 n	-
Ryhmäsuihku (n kpl)	0,14 n	0,14 n
Teollisuus ym. laitteet	Lask. erikseen	-

¹⁾ Jos vesikalusteessa on vaihtoehtoisia ulostuloja, otetaan mitoituksessa huomioon vain suurimman virtaaman antava ulostulo. Ulostuloksi luetaan tässä yhteydessä myös järjestely, jossa kalusteesta johdetaan vesi jollekin laitteelle, esimerkiksi pesukoneelle, helposti irrotettavan kytkennän kautta.

Taulukko 5. Vesikalusteiden kpl-määrät

Rakennus	Vesikalusteiden kappale määrät rakennuksittain	
	0,1 l/s	0,2 l/s
ABC	24	18
D	8	16
E	10	10
F	7	9
G	3	3
I	4	6
Kappaletta yhteensä	56	62
Normivirtaamien summa	18	l/s

Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama lasketaan kaavalla 3. (26, s. 36.)

$$q_{lv} = q_{N1} + \Theta(Q - q_{n1}) + A * (q_m * \Theta)^{0,5} * (Q - q_{n1})^{0,5} \quad (3)$$

q_{lv}	on mitoitusvirtaama, l/s
q_{n1}	on suurin vesikalusteen normivirtaama, l/s
Θ	on todennäköisyys, että normivirtaama q_{n1} on käytössä huippukulutuksen aikana
Q	on vesipisteiden normivirtaamien summa, l/s
A	on kerroin, joka otetaan huomioon, kuinka usein mitoitusvirtaama ylittää
q_m	on vesipisteiden keskimääräinen virtaama, l/s

Mitoitusvirtaama asuin-, toimisto-, koulu-, hotelli-, sairaala-, ym. vastaavissa rakennuksissa lasketaan seuraavilla arvoilla (26, s. 36):

q_{n1}	on 0,2l/s (ei kylpyammetta), 0,3 l/s (kylpyamme)
Θ	on 0,015
A	on 3,1
q_m	on 0,2 l/s

$$q_{lv} = 0,2 + 0,015(18 - 0,2) + 3,1 * (0,2 * 0,015)^{0,5} * (0,2 - 0,015)^{0,5}$$

$$q_{lv} \quad \text{on } 1,18 \text{ l/s}$$

Lämpimän käyttöveden mitoitus-teho lasketaan kaavalla 4.

$$\Phi_{LV} = \rho_v * c_{pv} * q_{lv} * dT \quad (4)$$

Φ_{LV}	on lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava teho, kW
q_{lv}	on mitoitusvirtaama, m ³ /s
ρ_v	on veden tiheys 1000, kg/dm ³
c_{pv}	on veden ominaislämpökapasiteetti 4,2, kJ/kgK
dT	on lämpötilaero, K

$$1000 \text{ kg/dm}^3 * 4,2 \text{ kJ/(K}\cdot\text{kg)} * 0,00118 \text{ m}^3/\text{s} * 50 \text{ K} = 247,8 \text{ kW}$$

Lämpimän käyttöveden mitoitustehon vaikutusta koko lämpölaitoksen mitoitustehoon on käsitelty luvussa 4

3.3 Energiankulutus

Energiankulutukset täytyy normeerata, jotta eri vuosina tapahtuneita energiankulutuksia voidaan vertailla keskenään. Normeerattu energiankulutus tarkoittaa sääkorjattua energiankulutusta, jossa otetaan huomioon eri vuosien lämmitystarveluvut.

Normeerauksesta täytyy vähentää käyttöveden lämmitykseen käytetty energia koska käyttövettä kuluu ulkolämpötilasta riippumatta. Käyttöveden kulutus 9.2011–9.2012 välisenä aikana on ollut 521 m³, ja kun oletetaan lämpimän käyttöveden kulutuksen olevan 30 % kokonaisvedenkulutuksesta, saadaan veden lämmityksen energiankulutukseksi 12 MWh. Kokonaisenergiankulutus tarkasteluaikana on ollut 602 MWh, hyötysuhde otettuna huomioon. Normeeraus lasketaan kaavalla 5. (6)

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{\text{vpkunta}}}{S} * (Q_{\text{läm}} - Q_{\text{lkv}}) + Q_{\text{lkv}} \quad (5)$$

Q_{norm} on normeerattu energiankulutus, MWh

Q_{lkv} on käyttöveden lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia tarkasteluaikana, MWh

$Q_{\text{läm}}$ on lämmityksen energiankulutus, MWh

S on lämmitystarveluku tarkasteluaikana, °Cd

S_{vpkunta} on vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku, °Cd

$$Q_{\text{norm}} = \frac{3989}{3398} * (602 - 12) + 12$$

Q_{norm} on 705 MWh, 72 kWh/rm³/a

Rakennusten energiankulutus on selvästi suurempaa kuin Motivan keräämien vastaavan tyyppisten rakennusten keskimääräinen kulutus. Erityyppisten rakennusten ominaisenergiankulutukset on esitetty taulukossa 6. Kulutuksia tarkastellessa täytyy muistaa, että alueella on koulutoiminnan lisäksi muutakin toimintaa ja osa rakennuksista on erittäin vanhoja ja täten huonosti lämmön eristettyjä.

Taulukko 6. Rakennusten ominaiskulutukset (21)

RAKENNUSTYYPPI	kWh/rm ³ /a
Asuntolarakennukset	41,2
Majoitusliikerakennukset	63,6
Toimistorakennukset	34,9
Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	40,6

4 Vertailuvaihtoehdot

4.1 Lämmitysjärjestelmän valinnan lähtökohdat

Fortum Oy:n kaukolämpöverkko sijaitsee noin 1 km:n päässä kohteesta Kehä III eteläpuolella Kauklahdessa. Omnia Finnsin alueella on kaavaehdotuksen suunnittelu menossa. Kaavoitetun alueen toteutuessa alueelle tuodaan luultavasti myös kaukolämpö. Kaavan toteutumisaikataulua on kuitenkin vaikea arvioida.(12,13).

Ympäristöystävälliseen energian tuotantoon voi hakea tukea työ- ja elinkeinoministeriöstä. Ohjeelliset tukiprosentit vuonna 2013 pelletti- ja hakelämpölaitoksille ovat 10–15 % ja lämpöpumppuhakkeet 20 % (maalämpö) investointikustannuksista. (5)

4.2 Kiinteän polttoaineen lämpölaitos

Kiinteän polttoaineen lämpölaitokset (kpa-lämpölaitos), lähinnä hake- ja pellettilämpölaitokset, ovat Suomessa yleisiä aluelämpöverkostoissa käytettyjä lämmöntuotantotapoja. (4, s. 3.)

Lämpölaitoksen kunnossapito halutussa laajuudessa ja polttoaineen hankinta voidaan ulkoistaa lämpöyrittäjälle, jolloin käyttäjän ei tarvitse itse huolehtia lämpökeskuksen ylläpidosta. Lämpöyrittäjä voi myös vastata laitoksen investoinnista, jolloin investointihinta on huomioitu polttoaineen hinnassa. Lämpöyrittäjyyttä ei ole tarkasteltu insinöörityön investointi- tai elinkaarilaskelmissa. (4, s. 8.)

Mitä tahansa polttoainetta käyttävää lämpölaitosta suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon palomääräykset. Lämpölaitoksen ja muiden rakennusten välisen etäisyyden tulisi olla vähintään 8 m. Jos lämpölaitos sijoitetaan lähemmäksi, pitää lämpölaitoksen seinät paloeristää. Paikalliseen paloviranomaiseen tulee olla yhteydessä, kun laitoksen sijaintia suunnitellaan.

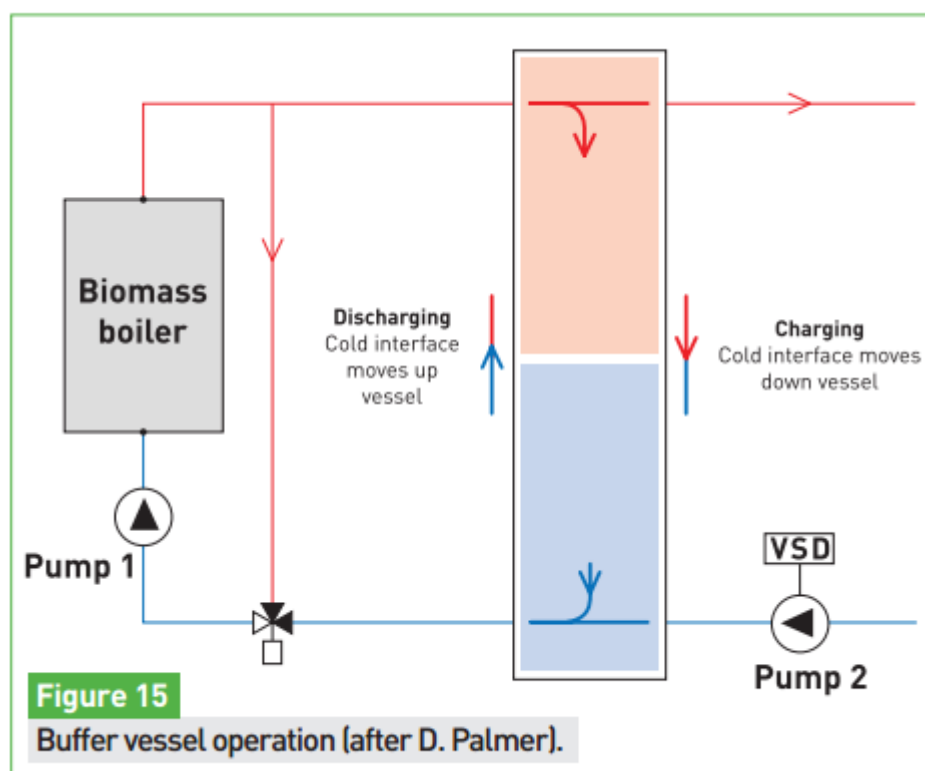
Pelletti- ja varsinkin hakelämpölaitokset toimivat parhaalla hyötysuhteella, kun ne toimivat nimellisteholla tai lähellä sitä. Minimiteholla, joka on yleensä 20–30 % nimellistehosta, kattilat toimivat huonommalla hyötysuhteella. Varsinkin syksyisin, keväisin ja kesällä jolloin kulutus on pientä, käyvät kattilat lyhyitä jaksoja osateholla, tämän jälkeen ne taas sammuvat. Taulukossa 7 on esitetty lämpölaitosten kuukausikohtaisia ohje-arvoja, arvoista huomataan selvästi huonommat hyötysuhteet kesällä. Samoja arvoja käytetään elinkaarilaskelmissa. Hyötysuhdetta voidaan parantaa energiavaraajalla, jolloin laitokset voivat käydä pitempiä aikoja kerrallaan suuremmalla teholla. Varsinkin tässä kohteessa kun käyttöveden kulutus on suurta ja koska pelletti- sekä hakekattilat ovat hitaita reagoimaan tehon vaihteluihin, tasoittaa energiavaraaja vaihteluita. (8,s. 21.) Kuvassa 5 on esitetty varaajalla varustetun kattilan periaatekytkentä.

Osa kattilavalmistajista ei suosittele energiavaraajia, koska heillä kattilan vesitilavuus on huomattavasti suurempi, jolloin kattila toimii jo itsessään varaajana. Esimerkiksi saksalaisen "Fröling TM Kommunal 500" 500 kW:n kattilan vesitilavuus on 750 l (26), kun suomalaisen "HT Enerco Oy:n Tulimax 500 kW" kattilan vesitilavuus on kaksinkertainen 1540 l (27).

Taulukko 7. Isompien kattiloiden kuukausikohtaisia hyötysuhteiden ohjearvoja (10)

Taulukko L1.2 Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskuksen hyötysuhteiden kuukausittaisia ohjearvoja.

Kuukausi	Hyötysuhde, -					
	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	pelletti- kattila	pöykattila energiavaraajalla	kaukolämpö
1	0,92	0,97	1,03	0,87	0,84	0,98
2	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,98
3	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98
4	0,88	0,93	0,99	0,80	0,80	0,95
5	0,78	0,83	0,88	0,64	0,71	0,88
6	0,68	0,73	0,77	0,51	0,60	0,83
7	0,67	0,71	0,76	0,50	0,59	0,82
8	0,67	0,72	0,77	0,51	0,61	0,83
9	0,77	0,82	0,87	0,63	0,72	0,88
10	0,88	0,93	0,99	0,81	0,82	0,96
11	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98
12	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,99



Kuva 5. Periaatekytkentä varaajalla varustetusta kattilasta (28, s. 14).

4.3 Lämpölaitoksen mitoitus

Lämpölaitosten mitoitustehossa otetaan lämpimän käyttöveden mitoitusteho huomioon varaajan tai kattilan suuren vesitilavuuden vuoksi vain 20–40 % (27). Jos kattila mitoite-
taan täydelle teholle, saadaan kattilan tehoksi laskentatavasta riippuen 450–500 kW

Yleinen lämpölaitosten mitoitustapa on mitoittaa lämpölaitoksen nimellisteho 40–60 %
tarvittavasta mitoitustehosta, tällaista laitosta kutsutaan perusteholaitokseksi. Koska
kylmiä ajanjaksoja esiintyy vain vähän vuodessa, saadaan osateholla mitoitetulla läm-
pölaitoksella tuotettua vuotuisesta energiantarpeesta noin 70–90 %. (8, s. 11.). Perus-
lämpötehon ylittäviin ajanjaksoihin käytetään toista lämmönlähdettä, kuten öljyä tai
sähköä.

Insinööriyössä olen valinnut vertailu vaihtoehtoiksi 300 kW:n tehoiset osateholämpö-
laitokset. Mitoituksessa lähdetään siitä, että toinen nykyisistä öljykattiloista säästetään
tukilämmönlähteenä, jolla tuotetaan lämpöä, kun perustehokattilan teho ei riitä.

4.4 Puupelletit

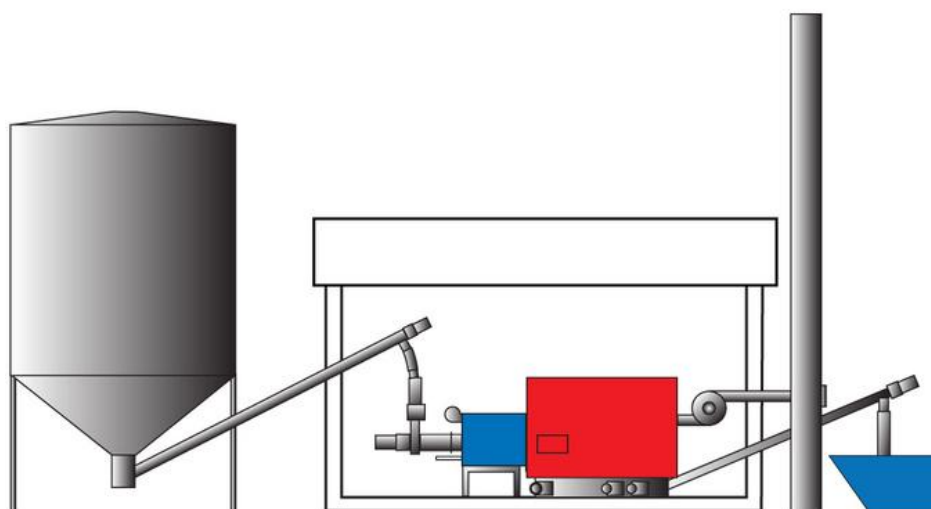
Puupelletti on puristettua puuta. Pelletit ovat 10–30 mm:n pituisia sylintereitä, ja niiden
kosteus on yleensä 8–12 %. Pellettien yhtenäinen muoto, liukkaus ja kosteussisältö
helpottavat niiden varastointia, syöttöä ja palamisen hallintaa. Tonni pellettejä sisältää
noin 4,7 MWh energiaa, ja on tilavuudeltaan noin 1,6 m³ (18). Pelletit varastoidaan
yleensä silloissa, joissa on suuri kaltevuus, tämän takia silot vievät pienen pohjapinta-
alan mutta ovat korkeita, joten ulkonäköasiat täytyy pitää mielessä silloa valittaessa.
Kylmimpinä talvikuukausina kohteen energiankulutus on 80 MWh kuukaudessa, mikä
tarkoittaa, että 40 m³ silloa jouduttaisiin täyttämään noin kuukauden välein. Siilon on
syytä olla tarpeeksi iso, koska pienissä erissä puupellettien hinta nousee.

Suomessa pellettien valmistukseen käytetään pääasiassa puunjalostuksessa syntyviä
sivutuotteita, kuten sahanpurua ja hiontapölyä. Kuvassa 6 on puuteollisuuden
sivutuotteista tehtyjä pellettejä.



Kuva 6. Puupellettejä

Pelletit siirretään siilosta syöttöruuvien avulla polttimelle. Pellettejä syötetään polttimelle, kunnes kattilan veden tavoitelämpötila saavutetaan, kattilassa lämmitetty vesi johdetaan lämmitysverkostoon. Pellettikattiloissa käytetään yleensä kattilakiertoa, jolla pidetään kattilalle palaava vesi vähintään 70 °C:na, liian kylmä paluuvesi aiheuttaa korroosiota sekä heikentää kattilan hyötysuhdetta (22 s. 27). Kuvassa 7 on esitetty pellettilämpölaitoksen leikkaus.



Kuva 7. Pellettilämpölaitos (17)

4.5 Puuhake

Hake on yleisnimitys koneellisesti haketetulle puulle, sitä tehdään yleensä metsäteollisuudelle kelpaamattomasta puusta, kuten isoista oksista ja puiden latvuksista (kuva 8). Hake on Suomen suosituin puusta saatava polttoaine. Haketta käytetään alue- lämpökeskuksissa, kuntien ja teollisuuden lämpökeskuksissa sekä isoissa voimalaitoksissa.

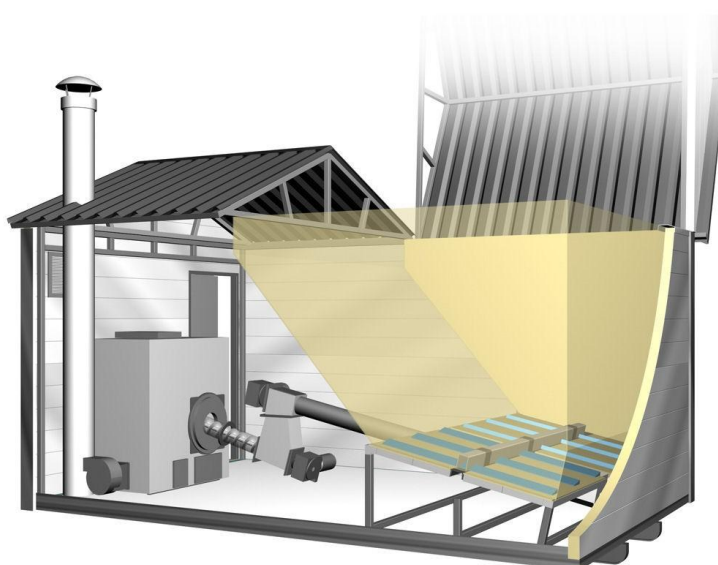
Hakkeen lämpöarvoon vaikuttavat sen tiheys (kg/m^3) ja kosteus, tiheyteen vaikuttaa hakkeen palakoko. Mitä enemmän hakkeessa on kosteutta, sitä enemmän hakkeesta saatavasta energiasta kuluu kosteuden haihduttamiseen. Poltettavassa hakkeessa on yleensä 20–50 % kosteutta. Lisäksi mitä parempilaatuista hake on, sitä vähemmän huoltoa laitos tarvitsee. (1)

Hakkeen lämpöarvo kuutiota kohden on huomattavasti pienempi kuin pelletin tai öljyn. Tämän takia täytyy varaston olla suurempi. Kuutio kosteudeltaan 40 %:n metsähaketta sisältää noin 0,85 MWh energiaa. Hakkeen pieni energiatiheys aiheuttaa sen, että kylmimpinä aikoina normaali 40 m^3 :n hakekuorma jouduttaisiin tuomaan reilun viikon välein (11).



Kuva 8. Puuhaketta (18)

Hakelämpölaitoksen toiminta muistuttaa hyvin paljon pellettilämpölaitosta. Haketta ei kuitenkaan voida varastoida silloissa, koska se holvaantuu huomattavasti helpommin, tästä syystä haketta ei voida syöttää polttimelle suoraan varastosta ruuvilla. Tämän takia hakevaraston pohjalla on yleensä purkaimet, joilla haketta puretaan koko pohjan alueelta eikä vain yhdestä kohtaa (kuva 9).



Kuva 9. Hakelämpökontti (19)

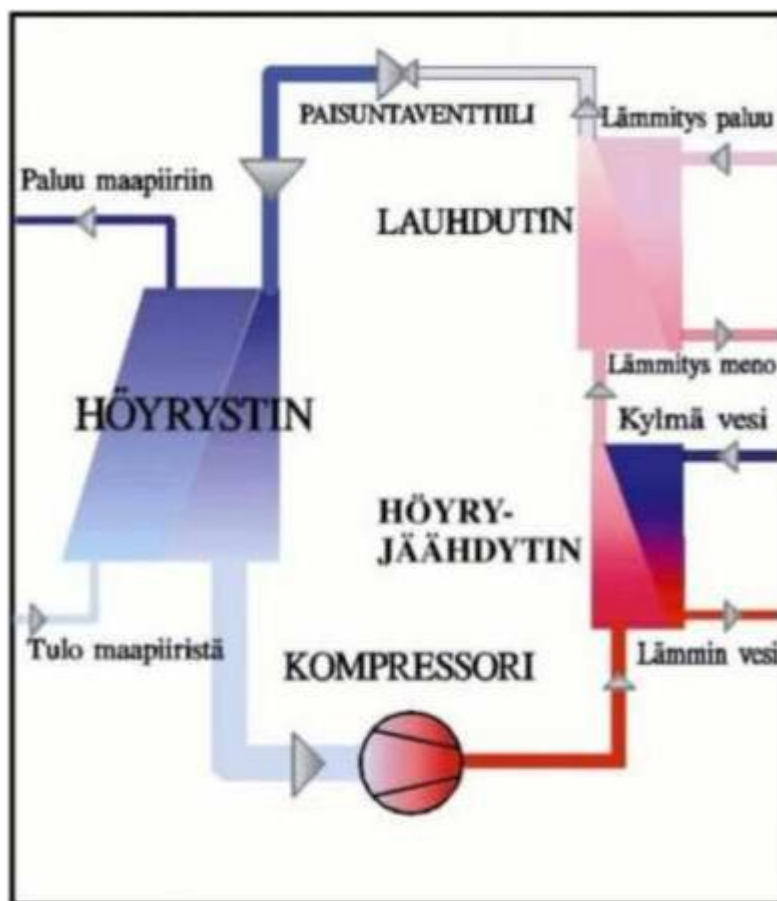
4.6 Maalämpö

Maalämpöä käyttäviä aluelämpökeskuksia on Suomessa toteutettu vähän verrattuna kiinteää polttoainetta käyttäviin laitoksiin. Pienimissä yksiköissä kuten omakotitaloissa maalämpö on viime vuosina yleistynyt nopeasti. (4, s. 4.)

Maalämpö on sähkölämmitysmuoto, joka hyödyntää maaperään sitoutunutta aurinkoenergiaa ja geotermistä energiaa. Kallioon poratut lämpökaivot ovat nykyään yleisin lämmön talteenottotapa, lämpökaivoista saatava teho on lähes yksinomaan geotermistä energiaa. Noin 1/3 maalämpöpumpulla tuotettavasta energiasta on sähköenergiaa ja 2/3 maaperästä otettua energiaa. Maapiirissä kiertävästä liuoksesta lämpöä otetaan talteen kompressorilla (kuva 10). Maalämpöjärjestelmät mitoitetaan yleensä osateholle, koska järjestelmän investointikustannukset ovat suuret. Lisälämpö tuotetaan yleensä sähköllä tai öljyllä. Kulutushuippujen tasaamiseen käytetään lisäksi varaajia.

Maalämpöpumpun hyötysuhde COP kertoo tuotetun tehon suhteen sähkönkulutukseen. Matalilla menolämpötiloilla hyötysuhde on korkea, koska maapiirin ja verkoston

lämpötila-ero on pieni. Korkeammilla menolämpötiloilla hyötysuhde huononee, koska kompressor joutuu tekemään enemmän työtä.(4, s. 6.). Korkeimmillaan maalämpöpumpun kompressorilla saadaan tehtyä 65 °C:n lämpötilan menovettä (25).



Kuva 10. Maalämpöpumpun toiminta (20)

4.7 Maalämpölaitoksen soveltuvuus kohteeseen

Käyttövesi lämmitetään kohteessa lämmönsiirtimillä aluelämpöverkon lämmöllä lämmönsiirtimillä. Tämän takia täytyy aluelämpöverkoston menolämpötilan olla myös kesällä noin 65 °C, ja korkeilla menolämpötiloilla maalämpöpumpun hyötysuhde on huono. Toinen vaihtoehto olisi tehdä erillinen lämpimän käyttöveden alueverkosto ja lämmitellä käyttövesi keskitetysti maalämpölaitoksessa.

Pakkasilla joudutaan verkoston menolämpötilaa nostamaan lisälämmönlähteellä, jotta nykyisistä pattereista saadaan tarpeeksi tehoa lämpöhäviöiden kattamiseen. Nykyisten

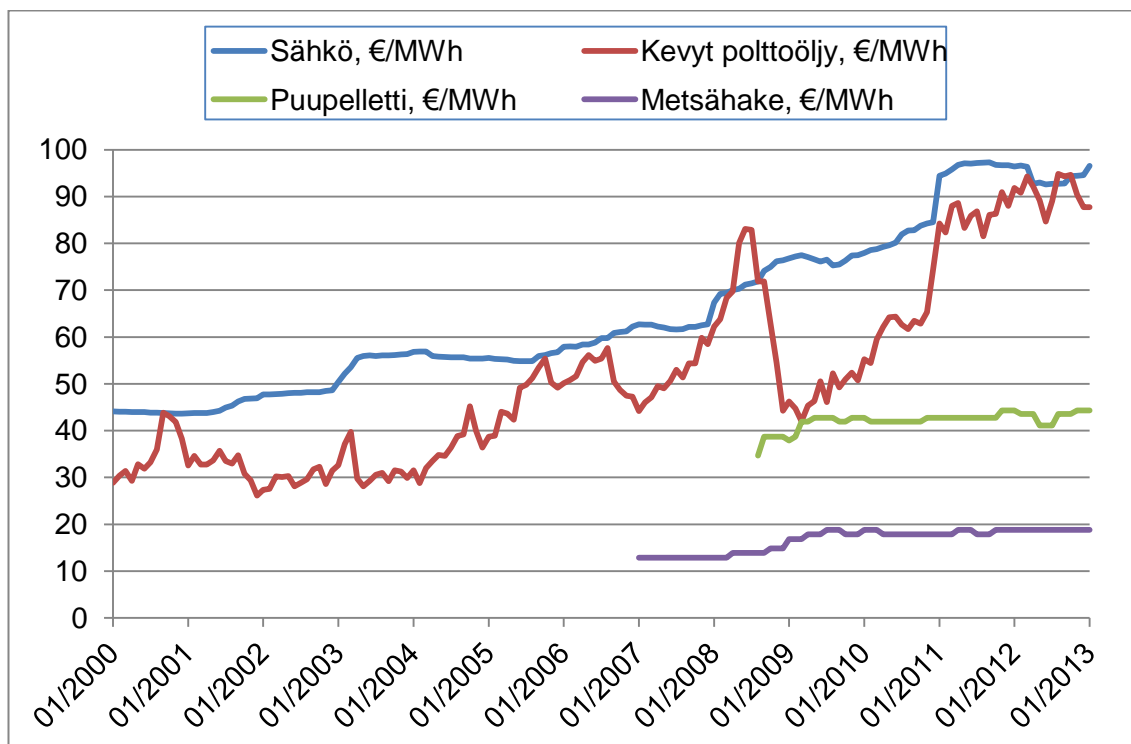
pattereiden vaihtaminen isompiin saattaa ulkonäöllisistä ja tilallisista syistä olla mahdotonta.

Maalämmön keruupiirille tarvittaisiin noin 20 lämpökaivoa, mikä tarkoittaisi isoja kaivutöitä, koska kaikkia kaivoja ei voida porata samasta kohdasta. Lisäksi nykyistä sähköverkkoa jouduttaisiin vahvistamaan, mikä nostaisi investointikustannuksia lisää. Maalämpöä ei voida pitää järkevänä vaihtoehtona kohteessa suurien muutostöiden ja sitä kautta korkeiden investointikustannusten takia.

5 Ostoenergiat

5.1 Hinnat

Kuvassa 11 on esitetty sähkön, kevyen polttoöljyn, puupelletin hintakehitys. Hinnat ovat sen hetken kuluttajahintoja, joten niissä ei ole inflaation vaikutusta mukana. Hakkeen hinta ei ole täysin vertailukelpoinen, koska sen kuluttajahintaa ei tilastoida, mutta hintaa voidaan käyttää, kun vertaillaan hinnan nousuja. Hakkeen hintana on käytetty hintaa lämmöntuotannossa. Polttoaineiden osalta hinnat sisältävät kuljetuksen, sähkön hinnassa on otettu huomioon myös sähkönsiirtomaksut. Polttoaineiden hinnat ovat energiasällön mukaan, joten niissä ei ole lämmöntuotantojärjestelmien hyötysuhteita mukana.



Kuva 11. Ostoenergioiden hintakehitys (7)

Hinnoista voidaan nähdä, kuinka nopeasti öljy seuraa maailmantalouden vaihteluita. Esimerkiksi vuonna 2008 öljyn hinta laski, kun taloudellinen taantuma alkoi. Sähkön hinta seuraa vaihteluita öljyä vähemmän. Lisäksi voidaan todeta, että sähkön hinta on kaksinkertaistunut ja öljyn hinta jopa kolminkertaistunut kymmenessä vuodessa.

Tilastokeskukselta ei löydy hintatilastoja hakkeen ja pellettien hinnoille yhtä pitkältä aikajaksolta kuin öljylle ja sähkölle. Hinnoista nähdään kuitenkin, että hakkeen ja pellettien hinnat ovat muuttuneet vain vähän viimeisten vuosien aikana.

5.2 Päästöt

Ostoenergioiden päästöjä arvioidaan yleensä hiilidioksidipäästöjen perusteella, yksikkö on kgCO₂/a. Hake ja pelletti ovat hiilineutraaleja polttoaineita, mikä tarkoittaa sitä että puut sitovat itseensä kasvaessa sen määrän hiilidioksidia kuin niitä poltettaessa vapautuu. Pelletin sekä hakkeen tuotannosta ja kuljetuksista aiheutuu jonkin verran päästöjä, niitä ei ole mukana alla olevissa luvissa. Sähköntuotannon hiilidioksidi päästöt riippuvat siitä, miten sähköä tuotetaan. Alla on esitetty ostoenergioiden hiilidioksidipäästöt. (4, s. 13.)

- Pelletti ja hake 0 kg/MWh
- Kevyt polttoöljy 267 kg/MWh
- Sähkön keskimääräinen päästö Suomessa 200 kg/MWh

6 Vertailulaskelmat

Vertailtavien järjestelmien energiankulutuksena on käytetty öljynkulutustiedoista lasketua normeerattua vuosikulutusta. Lämmöntuotantolaitosten vuosihyötysuhteet ovat ”Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5, luonnos 14.3.2012” esitettyjä isompien rakennusten lämmöntuotantolaitteiden ohjearvoja.(10, s. 48.)

Kaikki hinnat elinkaarilaskelmissa ovat arvonlisäverottomia. Energiahinnat sisältävät energiaverot. Taulukossa 8 on esitetty elinkaarilaskelmissa olevien vertailuvaihtoehtojen lähtötiedot.

Taulukko 8. Elinkaarilaskelmien lähtötiedot

MITOITUSLÄMPÖTILAT	Yksikkö	Vaihtoehto 1 Öljylämmitys	Vaihtoehto 2 Pellettilämmitys	Vaihtoehto 3 Hakelämmitys	Vaihtoehto 4 Maalämpö
Mitoitus ulkolämpötila	°C	-26	-26	-26	-26
Vuoden keskilämpötila	°C	5,3	5,3	5,3	5,3
Menolämpötila kattilalta	°C	80	80	80	
Paluulämpötila kattilalle	°C	-	70	70	
TEHO					
Laskettu mitoitusteho	kW	500	500	500	500
Lämpölaitoksen lämpöteho	kW	600	300	300	250
Lämpölaitoksen vuosiyhtäisyysindeksi/SPF-luku	-	0,8	0,84	0,82	2,5
Tehon peittoaste	%	120	60	60	50
Lisätehokattilan lämpöteho	kW		300	300	300
Lisätehokattilan vuosiyhtäisyysindeksi (nyk öljy)	-		0,80	0,80	0,80
ENERGIA					
Lämmitysenergiantarve	MWh/a	700	700	700	700
Energian peittoaste	%	100	90	90	75
Lämpölaitoksen tuottama energia	MWh/a	700	630	630	525
Lämpölaitoksen kuluttama energia	MWh/a	875	750	768	210
Öljyn kulutus	l/a	85784			
Pellettien kulutus	tonnia/a		160		
Hakkeen kulutus (metsähake) kosteus 40%	i-m ³ /a			960	
Lisätehokattilan tuottama energia	MWh/a		70	70	175
Lisätehokattilan kuluttama energia	MWh/a		88	88	219
Lisätehokattilan kuluttama öljy	l/a		8578	8578	21446

6.1 Investointikustannukset

Hake ja pellettilämpölaitoksen investointikustannukset koostuvat lämpölaitoksesta, pohjatöistä, asennus- ja purkukustannuksista. Lämpölaitosten kustannukset perustuvat Biofire oy:ltä saatuihin hintoihin. Lämpölaitosten pohja, asennus ja purkukustannukset ovat arvioita.

Maalämpöjärjestelmän investointi kustannukset koostuvat lämmöntuotantolaitteista, keruupiirin kokoojaputkista, lämpökaivosta sekä asennus ja purkutöistä. Kustannukset perustuvat Gebwell Oy:ltä saatuun kustannusarvioon. Sähköverkon vahvistus ja asennus kustannukset perustuvat arvioihin. Taulukossa 9 on esitetty vertailuvaihtoehtojen investointikustannukset.

Taulukko 9. Investointikustannukset

INVESTOINTIKUSTANNUKSET alv 0%	Yksikkö	Vaihtoehto 1 Öljylämmitys	Vaihtoehto 2 Pellettilämmitys	Vaihtoehto 3 Hakelämmitys	Vaihtoehto 4 Maalämpö
Lämmöntuotantolaitteet	€		92 400	100 700	76 500
Kerupiiri	€				134 000
Sähköverkon vahvistus					40 000
Varaaja 3 m3	€		4 000	4 000	4 000
Purku, asennus, tarvikkeet ja kuljetus	€		40 000	40 000	70 000
Isompi hake varasto				25 000	
SUMMA	€	0	136 400	169 700	324 500

6.2 Vuotuiset kustannukset

Vuotuiset kustannukset (taulukko 10) koostuvat energiakustannuksista ylläpitokustannuksista ja kunnossapitokustannuksista. Käyttö-, hoito- ja huoltotyökustannukset on arvioitu työhinnan mukaan (60 €/h). Hakelaitos vaatii huoltoa Työtehoseuran tutkimusten mukaan 9–21kpl 8-tuntista työpäivää vuodessa. Pelletit ovat tasalaatuisempaa polttoainetta, joten hoitokustannukset ovat pienemmät. Laskelmissa on käytetty seuraavia kunnossapitoon kuluva tuntimääriä vuodessa: hake 120 h, pelletti 60 h, öljy 30 h ja maalämmöllä 8 h.

Kaikille järjestelmille kunnossapitokustannuksiksi vuodessa on arvioitu 1 % lämmöntuotantolaitteiden investointikustannuksista. Maalämpö vaatii vain vähän huoltoa, mutta koska kyseisessä kohteessa maalämmön kompressorit joutuvat kovalle rasitukselle korkeiden menolämpötilojen takia, voidaan arvoa pitää perusteltuna. Kompressorien uusimiskustannuksia ei ole erikseen otettu huomioon.

Taulukko 10. Vuotuiset kustannukset

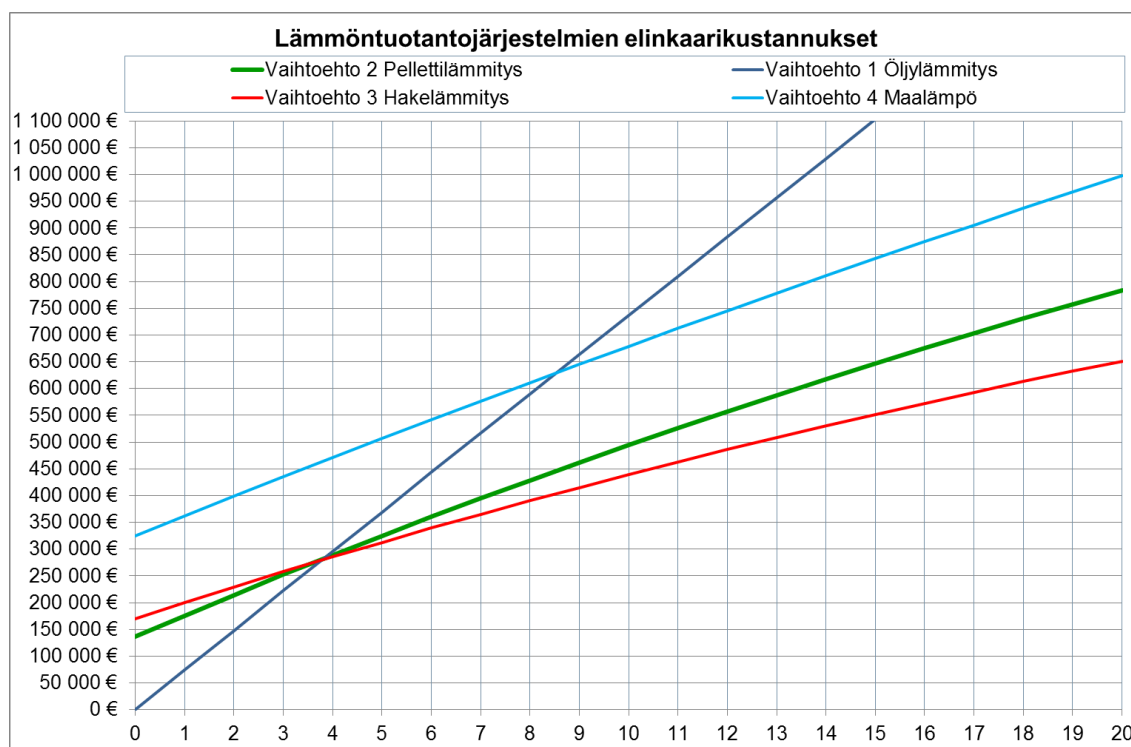
VUOTUISET KUSTANNUKSET alv 0%	Yksikkö	Vaihtoehto 1 Öljylämmitys	Vaihtoehto 2 Pellettilämmitys	Vaihtoehto 3 Hakelämmitys	Vaihtoehto 4 Maalämpö
Polttoainekustannukset	€/a	71 750	35 675	22 541	17 938
Sähköenergiakustannukset	€/a	61	33	63	17 220
Käyttö-, hoito- ja huolto työ	€/a	1 800	3 600	7 200	480
Kunnossapitokustannukset	€/a	500	924	1 007	2 105
SUMMA	€/a	74 111	40 232	30 811	37 743

Taulukossa 11 on esitetty ostoenergioiden hinnat nyt.

$$E = k * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad (7)$$

E on energian hinta vuoden kuluttua, €
 k on alkuhinta, €
 p on hinnan nousu prosentti, %
 n on aika vuosina

Kuvassa 12 on esitetty järjestelmien kokonaiskustannusten 20 vuoden nykyarvo.



Kuva 12. Lämmöntuotantojärjestelmien elinkaarikustannukset

Nykyinen öljylämmitys on polttoainekustannuksiltaan selvästi kallein, tästä syystä sen elinkaarikustannukset ovat myös korkeimmat. Pitemmällä tähtäimellä öljylämmitystä ei voida pitää kannattavana. Öljy on myös fossiilinen polttoaine, jonka CO₂-päästöt ovat myös korkeimmat.

Pellettilämmitys on uusista vertailuvaihtoehdoista investointikustannuksiltaan halvin, mutta polttoainekustannuksiltaan kallein, kuitenkin paljon edullisempi kuin öljy.

Hakelämmitys on pellettilämmitystä investointikustannuksiltaan kalliimpi, mutta vuotuisilta kustannuksiltaan halvin.

Maalämpö on investointikustannuksiltaan selvästi kallein, mutta vuotuisilta kustannuksiltaan toiseksi halvin.

Pelletti ja hake ovat molemmat varteen otettavia vaihtoehtoja öljyn korvaajiksi, eikä syytä ole myöskään unohtaa kaukolämpömahdollisuutta tulevaisuudessa.

7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää kolmen ympäristöystävällisen järjestelmän soveltuvuus olemassa olevaan öljylämmitteiseen aluelämpöverkkoon. Mitoitustehon ja energiankulutuksen lasketaan on käytetty lyhyttä aikajaksoa. Laskennat olisikin hyvä suorittaa pidemmällä aikavälillä ennen uuden järjestelmän valitsemista.

Maalämpöjärjestelmä osoittautui investointikustannuksiltaan erittäin kalliiksi. Maalämpöjärjestelmän toteuttaminen nykyiseen aluelämpöjärjestelmään osoittautui myös hankalaksi.

Hake- ja pellettilämpölaitokset ovat molemmat varteenotettavia vaihtoehtoja. Hakevarastoa tosin jouduttaisiin täyttämään usein, kun taas pellettisiiloa huomattavasta harvemmin.

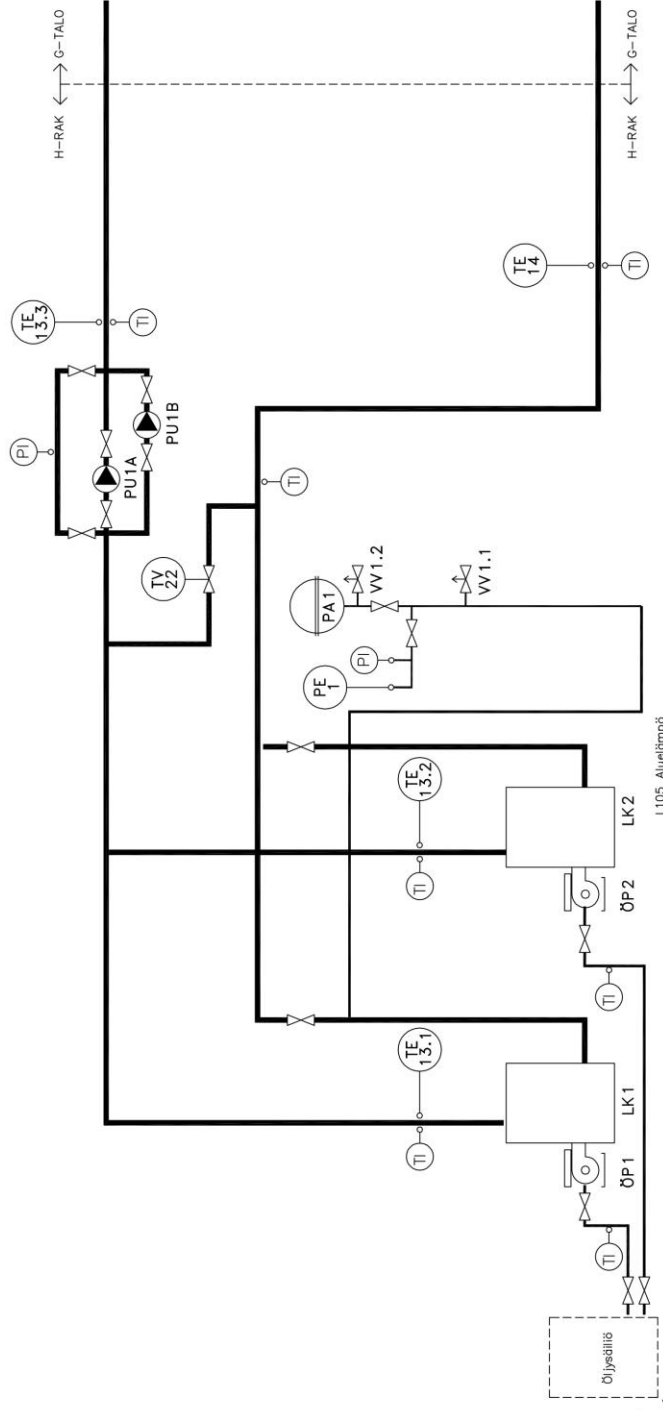
Insinööriyön aikana tuli esiin, että alueelle ollaan kaavoittamassa asuinalueita. Asuinalueen toteutuessa saattaa myös kaukolämpö tulla mahdolliseksi tulevaisuudessa.


Lähteet

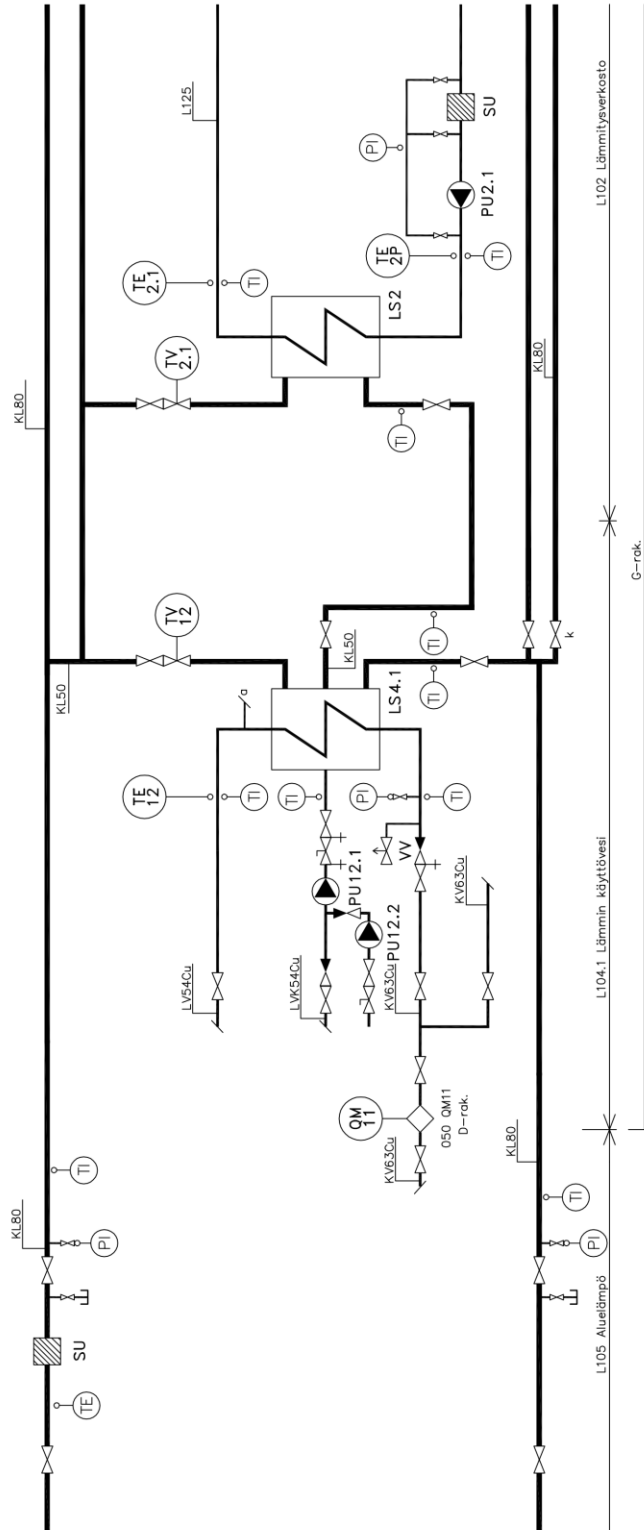
- 1 Lämpöä puusta puhtaasti ja uusiutuvasti. Motiva Luettu 9.12.2012
- 2 Viirinmäki Juha. 2008. Maatilan hakelämmitysopas 2008. Tampere. Hämeen Offset Tiimi
- 3 Pellettilämmitys. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/pellettilammitys>. Päivitetty 19.10.2011. Luettu 3.4.2013.
- 4 Ojaniemi Asko ja Penttinen Lauri. 2009. Pudasjärven matalaenergiarakentamisen hirsitalokorttelialue - Selvitys lämmön tuotannosta uusiutuvalla energialla. Benet Oy Keski-Suomen Energiatoimisto
- 5 Tuen enimmäismäärät. 2013. Verkkodokumentti. Työ ja elinkeinoministeriö.
<http://www.tem.fi/index.phtml?s=3093>. Päivitetty 18.4.2013. Luettu 19.4.2013.
- 6 Lämmitystarveluvut. 2013. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos
<<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>>. Luettu 4.4.2013
- 7 Energian hinnat. Verkkodokumentti. Tilastokeskus.
http://www.tilastokeskus.fi/til/ehi/2012/04/ehi_2012_04_2013-03-20_tie_001_fi.html. Luettu 26.4.2013
- 8 Miettinen Mika. 2009. Feasibility study for wood chip boiler purchase. Dunedin New Zealand. AirComm Consultants Ltd
- 9 Strachan Mika Johtava asiantuntija Keskustelu 15.4.2013
- 10 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5, luonnos 14.3.2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 11 Hakemyynti. 2013. Verkkodokumentti. Hakesampo Oy.
<<http://www.hakesampo.fi/hakemyynti.html>>.Luettu 23.4.2013
- 12 Puhelinkeskustelu Fortum Oy asiakaspalvelu 18.4.2013
- 13 Kaava Finnsinmäki I, 512600. 2013. Verkkodokumentti. Espoon kaupunki
<http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Kaavoitus/Asemakaava/Asemakaavoituskohteet/SuurKauklahti/Finnsinmaki_I_512600>Päivitetty 15.4.2013 Luettu 24.4.2013

- 14 Turbomat. 2013. Verkkodokumentti.Froeling
<http://www.froeling.com/images/stories/pdf/prospekte/en/p0330009_prospekt%20turbomat_en_mail.pdf> Luettu 6.5.2013
- 15 Google Earth, Google Inc 18.4.2013
- 16 Puupellettejä. Verkkodokumentti. Vapo Oy
<http://www.vapo.fi/aineistopankki/vapopankki/index.php?area=gallery&view=image&img_id=1445> Luettu 26.4.2013
- 17 60-2000kW pelletti- ja viljapolttimet. Verkkodokumentti. Biofire Oy
<<http://www.biofire.fi/pelletti-vilja-poltin/60-2000-kw-pelletti-ja-viljapoltt/>> Luettu 26.4.2013
- 18 Polttoainevertailu. Verkkodokumentti. HT Enerco Oy
<<http://www.htenerco.fi/fi/bioenergialammitys/polttoainevertailu/?id=208>> Luettu 26.4.2013
- 19 Hakelämpölaitokset. 2013. Ariterm Oy< <http://www.ariterm.fi/519>> Luettu 26.4.2013
- 20 Wasenius Anna-Maria Oikaisu Suomelan 5/2007 Ekolämpöä tupaan juttuuni. Luettu 26.4.2013
- 21 Lämpö ominaiskulutukset kohteet vuosilta 2000–2007. Motiva
- 22 Biolämpöopas. 2011. Ariterm Oy
- 23 Pellettilämmitys. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampo>. Päivitetty 15.4.2011. Luettu 14.4.2013.
- 24 NIBE F1345 Tuoteseloste. 2012. Nibe
- 25 Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat 2010. Motiva
- 26 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet Suomen rakentamismääräys-kokoelma osa D1 . 2007. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 27 Puhelinkeskustelu. HT Enerco Oy 7.5.2013
- 28 Palmer D., Tubby I., Hogan G., Rolls W. 2011. Biomass heating. Biomass Energy Centre. Farnham, Surrey, UK: Biomass Energy Centre

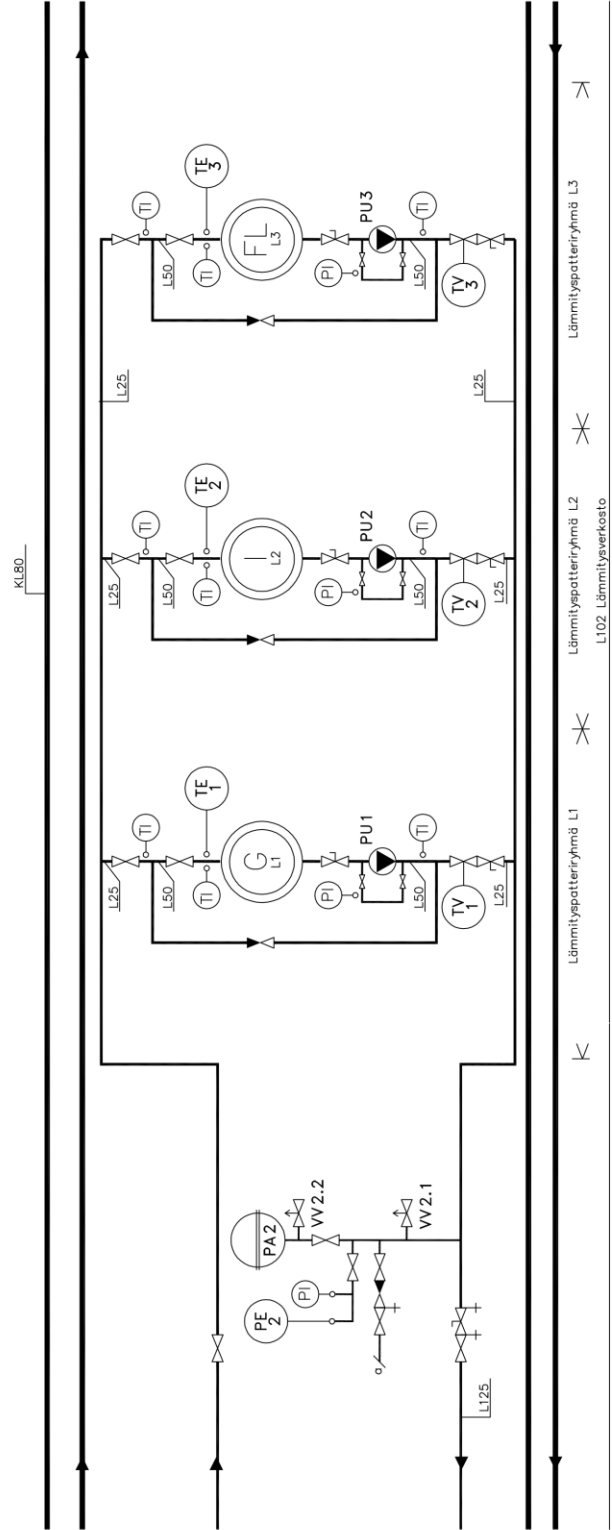
Lämmitysjärjestelmän toimintakaavio



 Espoo (09) 43 35 200	Pvm: 10.5.2012 Piiri: pih Suunnitton	Kohte OMNIA FINNS	Rek: LÄMMÖNJAOKALAITTEET	Suunnitteluala LV1	Työnumeros Muutos
	Tark:	Sivun nro 020-1	Muutospvm. (5)	Suunnittelun nro 020-1	Sivun nro (5)

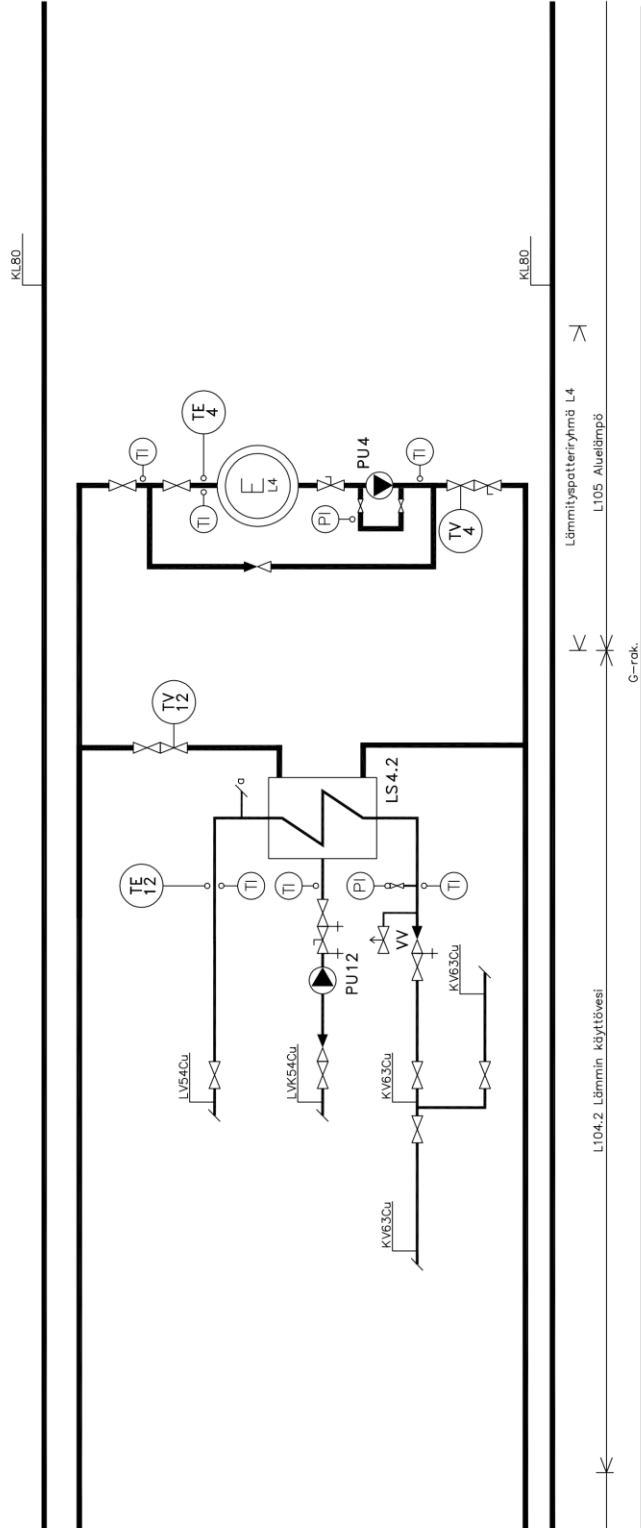


LÄMMÖNJAKOLAITTEET		Piiir-nro LVI 020-1	Työnrö	2 (5)
---------------------------	--	---------------------	--------	-------

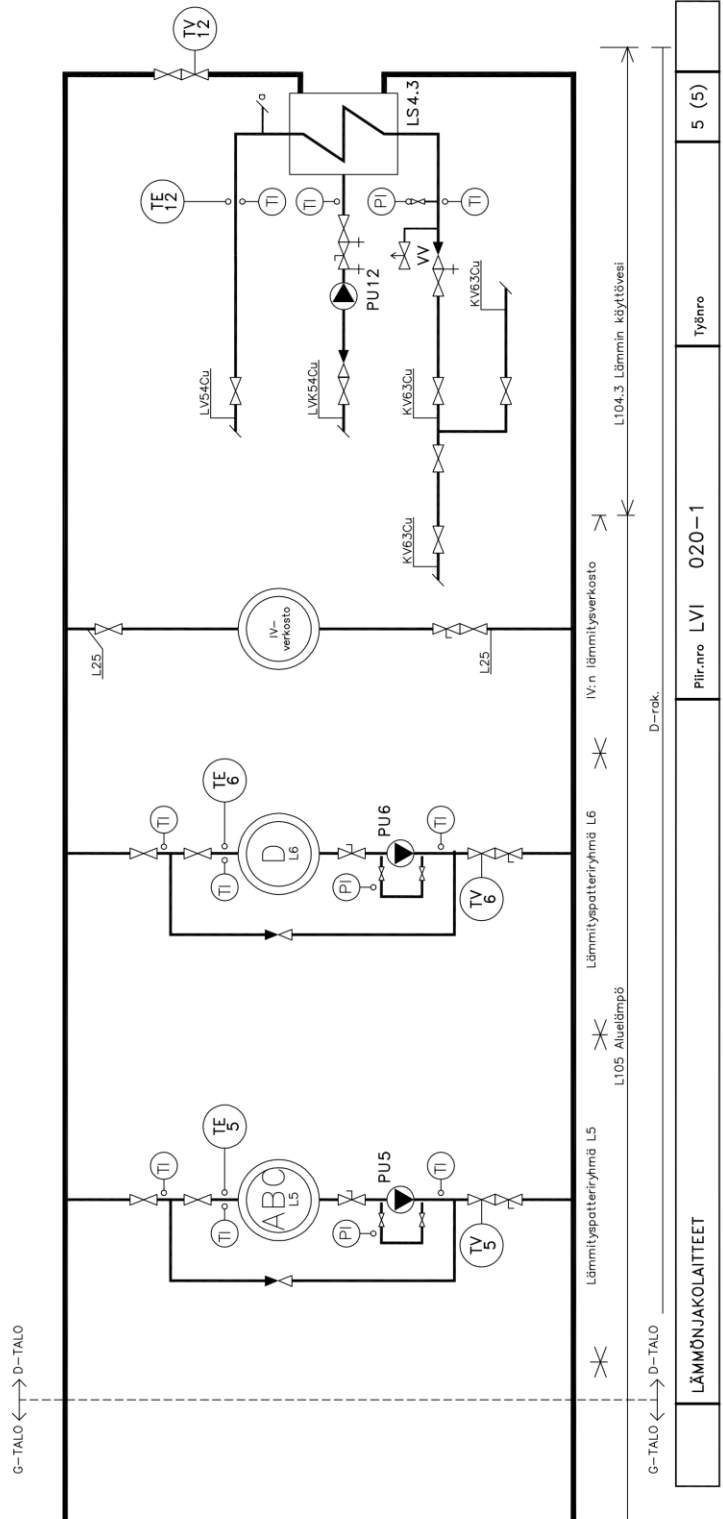


G-rak.

LÄMMÖNJAKOLAITTEET		Plir.nro LVI 020-1	Työnro 3900	3 (5)
--------------------	--	--------------------	-------------	-------



LÄMMÖNJAKOLAITTEET		Piir.nro LVI 020-1	Työnro
		4 (5)	



LÄMMÖNJAKOLAITTEET

Piir-nro LVI 020-1

Työnro

5 (5)

